

综述

兰州数字遥测地震台网的建设

何少林, 张桂花, 赵新民, 王锡恩

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000)

摘要: 介绍了兰州数字遥测地震台网建设的基本情况、几个主要技术问题的解决, 台网运行情况, 提出了存在的问题及建议. 建设经验对今后台网运行维护和改扩建有借鉴意义.

关键词: 数字遥测地震台网; 建设; 兰州

中图分类号: P315.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2002)04-0361-06

0 引言

兰州数字遥测地震台网(简称兰州台网(Lanzhou DTSN))建设是中国地震局“九五”重点项目“中国数字地震观测系统建设”的一部分. 该项目由中国地震局和甘肃省人民政府联合投资, 2000年6月完成全部建设任务. 2000年11月10日~2001年2月9日完成3个月考核运行, 2001年4月18日通过中国地震局监测预报司组织的测试和验收. 专家验收意见认为^①: 兰州数字遥测地震台网总体上达到了国内同类台网的先进水平, 在数字化遥测地震台网地震波形数据处理和应用方面达到了国内领先水平. 兰州台网迄今运行已一年多, 回顾总结台网建设中的经验, 对今后台网维护和改扩建有现实的借鉴意义.

1 兰州数字遥测地震台网台站布设原则和台网组成

1.1 台站布设原则

- (1) 台站布设应包围并尽量均匀展布在整个监测区域内;
- (2) 台站之间的距离应控制在 110 km 以内;
- (3) 台址在 1.0~20.0 Hz 观测频带内的地动速度噪声的水平应低于 1×10^{-7} m/s;
- (4) 在达到上述技术条件要求的前提下, 尽可能择优利用现已建成的各类地震台站;

1.2 台网组成

按照以上台站布设原则并考虑原兰州遥测地震台网实际情况, 建成的兰州数字遥测地震台网包括安宁台、永登台、景泰台、石岗台、红崖山台、河西堡台、山丹台、肃南台、定西台、天水台、静宁台、平凉台、成县台、岷县台、武都台、文县台、迭部台、合作台和湟源台等 19 个台站、武

收稿日期: 2002-06-28

基金项目: 中国地震局“九五”重点项目“中国数字地震观测系统建设(甘肃部分)”(95-01-01-04); 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2002054

何少林(1965—), 男(回族), 宁夏吴忠人, 高工, 现主要从事微震台网、强震台网和地震应急方面工作.

① 赵仲和. 兰州数字遥测地震台网验收意见, 2001.

威1个无线信号汇集转接有线传输中心和兰州台网中心组成,即实际台站分布在大中城市附近、南北地震带甘肃部分和人口相对较多、经济相对发达地区.兰州数字遥测地震台网台站基本情况见表1.台站分布见图1.

表1 兰州数字遥测地震台网各子台基本情况

台站名称	海拔 H , 井下 ($H-h$) /m	台基岩性	背景噪声/ [$\times 10^{-7}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	台站名称	海拔 H , 井下 ($H-h$) /m	台基岩性	背景噪声/ [$\times 10^{-7}\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
兰州	1 459		(台网中心)	武威	1 561		(汇集中心)
安宁	1 580	变质岩	5.2	平凉	1 478	砂砾岩	2.4
静宁	1 730	沉积岩	2.5	天水	1 160	松散沉积岩	2.5
武都	1 060	板岩	5.9	岷县	2 325	粉沙岩	1.8
成县	980	灰岩	0.7	景泰	1 645	砂页岩	2.4
红崖山	1 455	变质岩	5.4	石岗	1 920	变质砂岩	2.1
合作	2 900	变质岩	3.1	河西堡	1 700	花岗岩	2.8
山丹	1 770	砂砾岩	1.6	肃南	2 323	红色砾岩	4.4
永登	2 318	变质粉沙岩	1.4	定西	1 911~380	砂砾岩	1.9
湟源	2 650	花岗岩	2.2	文县	980	变质砂岩	0.7
迭部	1 400	变质岩	1.6				

说明:① 表1中背景噪声的值随观测时间不同可能有差别;②由于全部是改造台站,多数台站背景噪声大于 $1\times 10^{-7}\text{m/s}$.

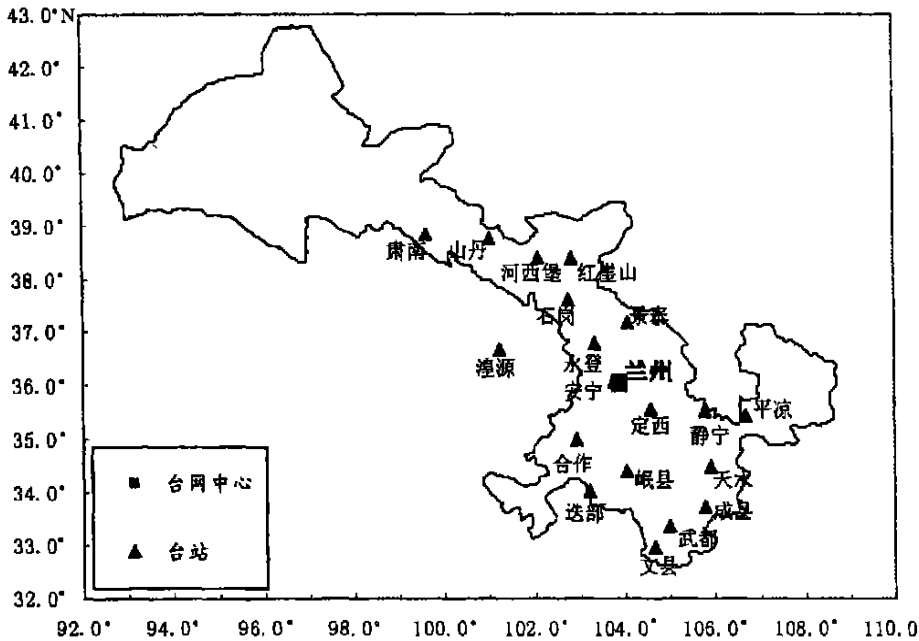


图1 兰州数字遥测地震台网台站分布图

Fig. 1 Distribution of stations in Lanzhou DISN.

2 兰州数字遥测地震台网主要任务和技术指标

2.1 台网的主要任务

(1) 以数字方式实时、连续地记录台站地面运动的速度波形数据.为研究地震引起的地面

活动性提供连续数据.

(2)快速测定和报告网内发生的 $M_L \geq 2.5$ 地震和网缘发生的 $M_L \geq 3.0$ 地震;对控制能力内的国内 $M_S \geq 5.0$ 地震、边境地区 $M_S \geq 6.0$ 地震和全球 $M_S \geq 7.0$ 地震进行速报.

(3)对发生的地震,能以地震事件的形式生成地震波形数据,并形成地震波形数据库,对地震波形数据进行存储、管理和提供各种服务.

(4)对系统运行状态进行监视和管理,台网运行状态以日志形式记录保存,便于系统维护和管理.

(5)对记录到的地震编制目录和编写观测报告,提供给地震预报和科研人员使用.

(6)利用记录的连续地面运动数据和地震波形数据、目录和观测报告数据,开展相关地震科学研究和为地震工程研究服务.

2.2 台网的主要技术指标

- (1) 台网规模: 19 个台站、1 个无线汇集转有线传输中心、1 个台网中心;
- (2) 台网孔径: 东西约 700 km, 南北约 600 km;
- (3) 观测地动信号类型: 地动速度;
- (4) 观测信号分向: 三分向;
- (5) 观测频带(−3 db): 0.05 ~ 1.0 s(短周期)、0.05 ~ 20.0 s(宽频带);
- (6) 频率响应类型: 速度平坦型;
- (7) 传递函数类型: 最小相移函数;
- (8) 灵敏度: $1 \sim 2 \times 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ LSB}$;
- (9) 动态范围: $> 90 \text{ db}$;
- (10) 分辨率: 优于 2^{-15} , 16 位字长;
- (11) 采样率: 50 点/秒;
- (12) 时间精度: 台站间相对时差小于 1 ms, 绝对时间精度小于 1 ms;
- (13) 线性度: 优于 10^{-3} ;
- (14) 地震计: 横向振动抑制小于 10^{-2} 、三轴角度误差小于 0.5° ;
- (15) 相移特性: 在通频带内线性相移偏差小于 1° (不包括地震计的特性), 具有线性相移和最小相移的切换工作方式;
- (16) 标定功能: 全标定的幅频特性误差优于 5%;
- (17) 地震处理方式: 自动和人机交互方式;
- (18) 地震事件处理速度: 网内地震小于 15 分钟;
- (19) 台网监控能力: 网内 $M_L \geq 2.5$, 边缘 $M_L \geq 3.0$
- (20) 台网运行率: 连续运行率 95 % 以上;

3 台网的技术系统构成

按技术构成整个台网可分为台站子系统(遥测地震台站)、信号传输子系统、台网中心子系统和辅助子系统四部分(图 2).

遥测地震台站主要包括地震计、数据采集设备等. 地震计

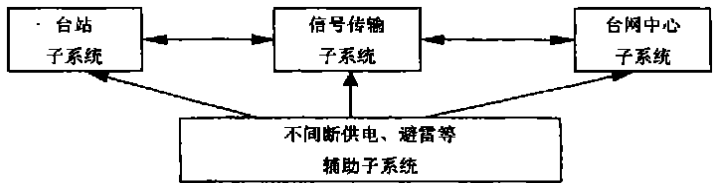


图 2 兰州台网技术系统框图
Fig. 2 Block diagram of technical system of Lanzhou DTSN.

实现地面运动信号的实时检测,将地面运动的速度转换为电信号;数据采集器实现地动信号的A/D转换、GPS时间信号接收、数据打包和传输控制。信号传输子系统实现信号的无失真、连续、实时传输。信号传输主干网租用电信部门DDN,以保证信号传输的实时性、小误码率($<10^{-6}$)、干扰不叠加和累计、安全可靠^[2]。台网中心子系统实现多路地震信号的汇集、D/A转换、台网运行状态监控、数据存储、地动信号分析处理、地震速报、地震目录和地震观测报告的编辑、出版,并提供地震波形数据、地震目录和观测报告的管理和服务功能。不间断供电、避雷子系统保证整个台网的连续运行和免遭外界雷电损坏。

4 几个主要技术问题的解决

(1) 井下摆和数据采集器的连接:定西台原采用JD-2井下地震计,由于更新地震计难度大、费用高,决定仍采用原地震计。针对JD-2井下地震计和EDAS-3数据采集器信号的对接,经过多次实验和比较、测试,最终很好地解决了这一问题,目前运行正常。

(2) 无线汇集转接有线传输:石岗台和红崖山台距离武威台较近,且视距较好,易于无线传输。数字化建设时,将石岗台和红崖山台信号经一次无线传输到武威台站,汇集复用后,利用一条异步9600bps DDN专线传输到兰州台网中心。既可节约线路租金,又便于维护。考核运行证明效果较好。但若该条DDN专线出现故障,则两个台站信号受到影响,因此对线路质量要求更高。

(3) 同步与异步混合传输:兰州台网中含有省外台站(青海湟源台站)。对省外台站,电信部门不提供异步9600bps信道,仅提供同步9600bps信道。因此我们对湟源台站信号首先采用异步方式传输到当地电信部门;再转换为同步方式入DDN电信网,经DDN传输到台网中心的同步信号再转换为异步信号进入实时接收机。运行表明传输可靠连续。

(4) 基带和频带传输方式的选择:台站到当地电信部门之间信号有线传输,既可采用基带传输也可采用频带传输。传输方式的选择,取决于当地电信部门提供的用户接入方式和传输距离的远近。相对而言,频带传输距离远,基带传输距离近,10 km以上传输距离不宜采用基带传输,选择频带传输较好。基带传输接入DDN简单,一般不需要附加接口板;频带传输接入DDN需电信部门另附加接口板。兰州台网多数台站选择频带传输,少数台站采用基带传输。

(5) 二线制和四线制传输:有线传输中,既可用二线制,也可用四线制。四线制相对二线制传输效果好,但占用传输线多。兰州台网建设中,永登台站距离当地电信部门约14 km,早期采用二线制有线传输,效果不理想,信号时短时续,难于满足考核要求;后改为四线传输,很好地解决了信号断续问题。

(6) 震级的计算:地震震级的计算一直是一个值得探讨的问题。由于各台网的台站分布、区域特征的不同,各台网都在探索适合本台网的震级计算公式。兰州台网在基本建成后,及时开展震级计算的探索,研究结果已用于日常地震速报、分析编目工作,和全国地震月报结果比较结果合理。

(7) 定位问题的解决:台网定位依赖台站的布局、台网的区域地质构造、计算方法的选择等。兰州台网在地震定位方面指定专人研究适合本地区的定位方法,经检验效果良好,已用于日常工作。

(8) 台站供电:台站供电系统的正常是台站连续工作的基本要求,兰州台网的建设初期就十分重视供电系统的建设。开始实施时,拟订了三种供电方案(交流电、太阳能、发电机),在斟酌成本、维护及可靠程度后,在全省优化农村供电的形势下,采用了交流供电为主的方案。为应

付农村停电、电压不稳、线路压降较大的问题,设计了一套后备供电系统,基本解决了电源供给问题.可以保证交流电压 160~260 V 时正常供电,停电时靠蓄电池逆变维持 48 小时以上,维持测震设备正常工作(包括地震计、数采器、GPS 钟、MODEM).对部分台站,配备发电机,解决长时间的交流电中断.除两个台采用太阳能供电外,其余 17 个台均采用该方案.

(9) 台站信号共享:天水台既属于兰州台网的台站,也是有人值守数字地震台站.在解决台站信号共享时,使用长线驱动器,将 EDAS-3 中的 COM1 信号传输到距离台站约 500 m 远的数据处理中心,将 COM2 信号经 DDN 传输到兰州台网中心.在武威台站,将传输到武威台的石岗、红崖山台站的信号下载给当地地方地震部门,实现信号的共享,为当地地震监测预报提供基础数据,提高地震资料的利用率.

5 兰州数字遥测地震台网运行情况

5.1 系统运行率

选择台网在考核期间(2000 年 11 月 10 日~2001 年 2 月 9 日共 92 天)的运行率分析台网运行的可靠性.

考核期间,系统运行率统计如下:

考核时间	最低运行率/%	95%	98.84%	99.23%
1 个月	96.11%	99.72%	98.84%	99.23%
第 2 个月	96.11%	99.72%	98.84%	99.23%
第 3 个月	96.11%	99.72%	98.84%	99.23%

2 兰州数字遥测地震台网考核运行期间运行率统计

考核时间	最低运行率/%	95%	98.84%	99.23%
1 个月	96.11	99.72	98.84	99.23
第 2 个月	96.11	99.72	98.84	99.23
第 3 个月	96.11	99.72	98.84	99.23

5.2 地震事件数据可用率

根据数字遥测地震台网验收大纲要求,考核期间,地震事件数据可用率统计如下:

考核时间	最低运行率/%	95%	98.84%	99.23%
1 个月	96.11%	99.72%	98.84%	99.23%
第 2 个月	96.11%	99.72%	98.84%	99.23%
第 3 个月	96.11%	99.72%	98.84%	99.23%

5.3 台网监控能力

兰州数字遥测地震台网设计监控能力见图 3 中闭合曲线. 3 中标出了从 2000 年 6 月到 2002 年 5 月间台网 4 个以上台站记录到的可精确定位的 $M_L \leq 2.5$ 地震 840 个, $2.5 < M_L \leq 3.0$ 地震 246 个.

6 存在的主要问题及建议

从长期运行考虑,存在的主要问题及建议如下:

- (1) 台网运行稳定性有待提高,建议加强设备维护,提高系统运行率.
- (2) 台网监控能力有待提高,建议加强台网监控能力建设,提高台网监控能力.

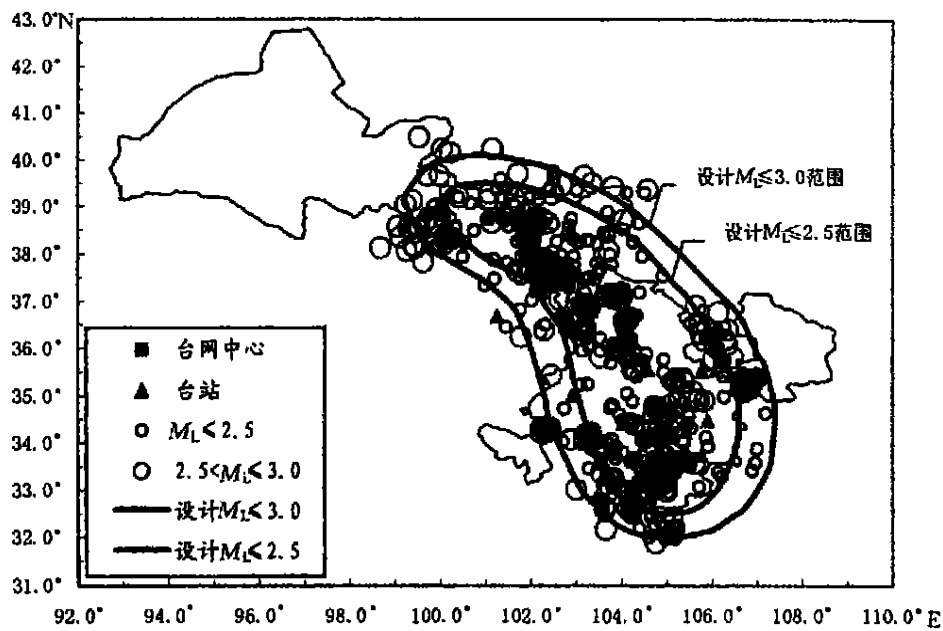


图 3 兰州数字遥测地震台网监控能力

Fig 3 Monitoring ability of Lanzhou DTSN.

; (2) ; (3) “ ” .

参加本项工作的同志主要有何少林、闵祥仪、赵新民、王锡恩、李勇、孟亚君、张桂花、许康生、曾文浩、张立光、唐九安、苏永刚、王庭选、王斌等。

[]

[1] . [M] . : , 1995.

[2] . DDN[M] . : , 1998.

THE CONSTRUCTION OF LANZHOU DIGITAL TELEMETRY SEISMIC NETWORK

HE Shao-lin, ZHANG Gui-hua, ZHAO Xin-min, WANG Xi-en
(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The basic information of Lanzhou digital telemetry seismic network, several main technical problems, and running result are introduced. Some problems in network and advices for future are given. The experience for construction of Lanzhou network is useful to maintenance and enlarge construction of the network in future.

Key word: Digital telemetry seismic network (DTSN); Construction; Lanzhou